

3P001

2 波長分光法のための波長可変真空紫外光システムの開発 (2)

(東工大 資源研)

○ 渡邊裕一 Jonathan R. Woodward 石内俊一 藤井正明

【序】今日の気相レーザー分光では、波長可変レーザー光と超音速分子線の組み合わせにより分子の様々な電子状態の構造とダイナミクスに関する詳細な研究が行われている。特に、2 台の波長可変レーザー光を同時に用いる 2 波長分光法は、二重共鳴による高励起状態の観測、電子励起状態やカチオン種の赤外(IR)分光など伝統的な分光法では取得困難な様々な情報をもたらしてきている。一方、これらの測定に用いられるレーザー光の波長帯域も非線形結晶を利用した第二高調波や差周波、和周波発生の進歩により延長されてきたが、紫外領域では 200 nm 程度が限界である。このため研究対象とする分子種は主に芳香環を有する分子に制限されてきた。希ガス原子の電子励起状態を利用した共鳴四波混合法により得られる 200 nm 以下の真空紫外(VUV)域のコヒーレント光は、この制約を打破する有力な光源となると考えられる。

この方法では、図 1 に記したように、希ガス原子を紫外(UV)光で二光子励起し、同時に可視(Vis)光を入射することで、そのエネルギー差に相当するコヒーレント VUV 光を発生させる。しかし、このとき発生した VUV 光には入射した Vis、UV 光が混入した状態で得られる。未変換の Vis、UV 光による副次的なイオン化等の影響を除くためには VUV 光のみを分離する波長分離装置が必要不可欠である。また、2 波長分光法のように複数の光を使用する場合、光軸調整のためのガイドの設置も求められる。過去の研究では、VUV 光の波長分離のために 1 個の分散プリズムを用いる方法、VUV 分光器を用いる方法が用いられてきたが、いずれの方法も VUV 光の波長掃引に伴って分散素子を回転させる必要があり、出射方向を一定に保つことが困難である。これは、2 波長分光法のように、他のレーザーを併用する実験には大きな障害となる。また後者の分離法では、強力な UV 光により回折格子が損傷を受けやすく、高輝度の VUV 光を安定に得る事が困難である。

本研究ではこれらの問題を解決し、2 波長分光法のための VUV 波長分離装置の開発を行うことを目的とした。

【装置及び実験】我々は図 2 (a)に示した 4 個の分散プリズムを利用した VUV 波長分離装置を製作したことを平成 19 年度の本討論会で報告した。これは①の分散プリズムで Vis、UV、VUV 光を空間的に分散させ、②~④の分散プリズムで単色化した VUV 光を入射方向に出射されるように補正するシステムになっている。これにより波長掃引時に光軸を保持することが可能となる。さらに VUV 光は Vis、UV 光と同軸に発生するため、②③の分散プリズムを

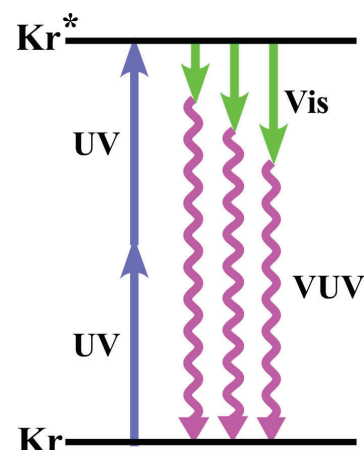


図 1 共鳴四波混合法による VUV 光の発生スキーム

平行移動させることで、Vis または UV 光を可視化が困難な VUV 光のガイド光とすることができる。

この装置を用いて、VUV 光と IR 光との二重共鳴分光法(IR-VUV : 図 3 (e))を行った。この方法では VUV 光を分子のイオン化エネルギーに達しない波長に固定し、IR 光を波長掃引する。IR 光により振動励起した分子のみが VUV 光によりイオン化されるため、イオン量をモニターしながら IR 光を波長掃引することで、分子の基底状態の IR スペクトルを測定することができる。VUV 光は Kr(~100 Torr) の 2 光子吸収に共鳴した UV 光(216.599 nm)と Vis 光の共鳴四波混合法により発生させた。

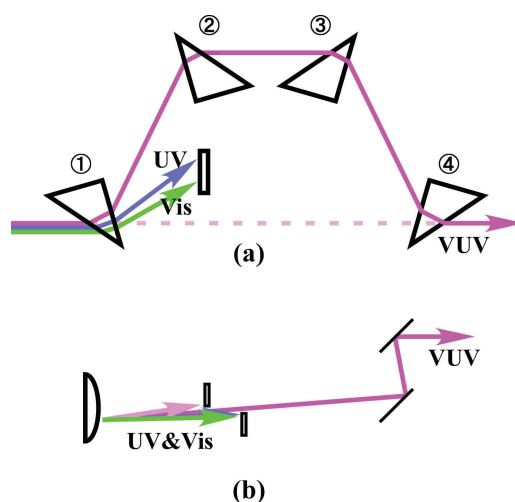


図 2 (a)prism type (b)lens type

【結果】図 3 (b)に本装置を用いて得られた超音速ジェット中のベンゼンの IR-VUV スペクトルを示す。図 3 (a)には比較のため、IR-UV 分光法によって得られた IR スペクトル^[1]を合わせて示した。3000~3120 cm^{-1} の 3 本のバンドが図 3 (a)と一致した位置に観測され、本装置を用いて IR-VUV 分光法が行えることが実証された。

S/N 比を向上させるため、分散素子としてレンズを使用して波長分離するシステム(図 2 (b))への改良を行い、同様の測定を行った結果を図 3 (c)に示す。VUV 光の強度損失を抑えたところ、S/N 比の向上が顕著に現れた。このことから、図 2 (a)のシステムでは光軸調整機構は優れているが、光学材質の吸収やプリズム表面及び内部反射による VUV 光の強度損失が予想以上に大きいことが明らかになった。

講演では開発した装置の詳細、また従来では測定困難だった分子種を対象にした IR-VUV 分光法の測定結果を示すとともに、現状の問題点についても論じる予定である。

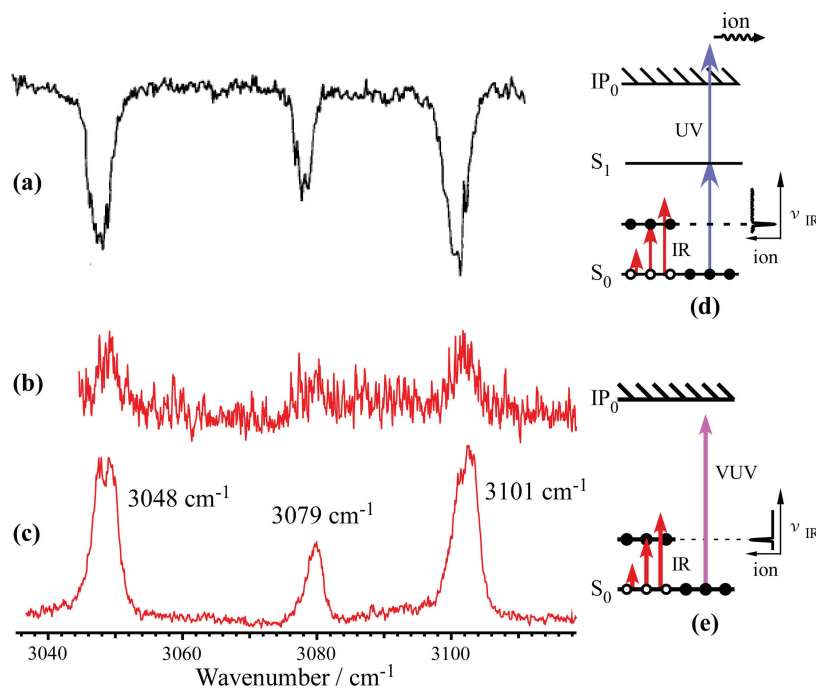


図 3 (a)IR-UV スペクトル、(b)(c)IR-VUV スペクトル(prism type & lens type)、(d)IR-UV 分光法、(e)IR-VUV 分光法

[1]R. H. Page, Y. R. Shen, and Y. T. Lee, *J. Chem. phys.*, **88**, 9 (1988)